



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95106 (13) C2

(51) МПК

H04B 1/62 (2006.01)

H04B 1/713 (2011.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛУ В СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ ІЗ СТРИБКОПОДІБНОЮ ЗМІНОЮ ЧАСТОТИ ТА КОНТРОЛЬНИЙ ПРИЙМАЧ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) а200813027

(22) 10.11.2008

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) ГАРКУША СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, МАРЧУК АРТЕМ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

(56) RU 2324287; 10.05.2008

RU 2107394; 27.02.1998

RU 2185029 C1; 10.07.2002

RU 2178237 C2; 10.01.2002

UA 75133 C2; 15.03.2006

EP 0774842 A2; 21.05.1997

EP 0798874 A2; 01.10.1997

US 5541954 A; 30.07.1996

US 5432814 A; 11.07.1995

Борисов В.И.и др. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты. – М: Радио и связь, 2000. – С. 244-256.

(57) 1. Спосіб просторово-часової обробки сигналу в системах зв'язку із стрибкоподібною зміною частоти, що включає на передавальному кінці формування пакетів інформації шляхом ділення інформаційного сигналу на блоки заданої довжини, що надходять від джерела інформації, до яких додають "адресу" кореспондента і службову інформацію, перенастроювання несучої частоти передавача на частоту, яка відповідає коду поточного такту однієї з двох або більше псевдовипадкових послідовностей, і яка для даного такту є робочою, модулюють несучу частоту передавача сформованим пакетом інформації і випромінюють отриманий радіосигнал на приймальний кінець радіолінії, на прийальному кінці радіолінії одночасно з прийомом радіосигналу контрольні приймачі здійснюють контроль наявності перешкод на частотах, які відповідають кодам наступного такту всіх псевдовипадкових послідовностей, також контрольні приймачі здійснюють прогнозування зміни співвідношення сигнал/перешкода, на частотах, відповідних кодам подальшого такту всіх псевдовипадкових послідовностей, та у разі наявності перешкоди на контрольній частоті, яка відповідає коду наступного такту робочої псевдовипадкової

послідовності передавального кінця, формують керуючу інформацію на перенастроювання передавача на передавальному кінці радіолінії, перенастроюють частоту передавача на прийальному кінці радіолінії на несучу частоту, яка відповідає коду поточного такту однієї з двох або більше псевдовипадкових послідовностей, модулюють частоту передавача на прийальному кінці сформованим пакетом несучої інформації, випромінюють отриманий радіосигнал на передавальний кінець радіолінії, на якому одночасно з випромінюванням радіосигналу приймають переданий з прийально-го кінця радіосигнал одночасно на всіх частотах, відповідних кодам поточного такту всіх псевдовипадкових послідовностей, виділяють керуючу інформацію на перенастроювання передавача, що знаходиться на передавальному кінці радіолінії, на частоту, що відповідає коду наступного такту тієї з псевдовипадкових послідовностей, на якій перешкода мінімальна, який **відрізняється** тим, що при формуванні керуючої інформації про перенастроювання частоти на передавальній і приймальній сторонах використовують набір наперед заданих коефіцієнтів - вектор вагових коефіцієнтів (ВВК), на основі яких формують стрибкоподібну зміну частоти, шляхом вимірювання відношення сигнал/перешкода контрольними приймачами на приймальній стороні на всіх частотах виділених для сеансу зв'язку, після прийому радіосигналу на приймальній стороні, вибирають частотну позицію з найкращим відношенням сигнал/перешкода, передають радіосигнал на цій частоті на передавальну сторону, на наступному часовому інтервалі проводять в приймачі прийальної сторони просторово-часову обробку сигналу з використанням двох каналів настройки з коефіцієнтами (ВВК), проводять повторне вимірювання і перебудову передавача і приймача на іншу частоту, при погіршенні відношення сигнал/перешкода на вході в приймач, або залишають поточну частоту при постійному відношенні сигнал/перешкода.

2. Контрольний приймач в системі зв'язку із стрибкоподібною зміною частоти, який складається з антенних елементів, виходи яких з'єднані з входами перших помножувачів, входи яких з'єднані з виходом синтезатора частот, вхід синтезатора

(13) C2

(11) 95106

(19) UA

частот з'єднаний з виходом генератора псевдовипадкового коду, при цьому виходи антенних елементів з'єднані з входами смугових фільтрів, виходи смугових фільтрів з'єднані з входами других помножувачів, входи яких також з'єднані з процесором настроювання вектора вагових коефіцієнтів (ВВК), виходи других помножувачів з'єднані з входом загального суматора, вихід загального суматора з'єднаний з приймачем, а також з суматором зворотного зв'язку, на вхід якого подається опор-

ний сигнал, вихід суматора зворотного зв'язку з'єднаний з входом процесора настроювання ВВК, який **відрізняється** тим, що додатково введені синхронізатор, лічильник і ключі перемикання, вихід синхронізатора з'єднаний з входом генератора псевдовипадкового коду, вихід лічильника з'єднаний з входами ключів перемикання, які мають також по два входи від процесора настроювання ВВК, виходи ключів перемикання з'єднані з входами других помножувачів.

Винахід належить до техніки електричного зв'язку і може знайти застосування в системах передачі інформації із стрибкоподібною перебудовою робочої частоти.

Запропонований спосіб і пристрій можуть бути використані в системах із стрибкоподібною зміною частоти (СЗЧ), які функціонують в загальній смузі частот із засобами різної приналежності і різними принципами роботи, а також в умовах складній сигнально-перешкодовій обстановці (СПО).

Відомий спосіб здійснюваний в багатоканальному адаптивному радіоприймальному пристрої (Патент РФ №2107394, МПК H04B 7/02, 27.02.1998г.), який дозволяє скоротити час входження в зв'язок за рахунок обліку СПО на частотах, використовуваних кореспондентом, з псевдовипадковою перебудовою робочої частоти в попередні моменти часу. Він забезпечує формування діаграми спрямованості з максимумом на кореспондента, а мінімуми орієнтовані у напрямі джерел перешкод. Спосіб дозволяє істотно скоротити тривалість перехідних процесів адаптивних антенних систем (ААС), а отже, провести збільшення співвідношення сигнал/(перешкода + шум) на його виході.

Недоліком даного способу є визначення СПО тільки в даний момент часу, а також використання перебудовою робочої частоти на кожному тимчасовому інтервалі, що приводить до наявності перехідних процесів.

Найбільш близьким до заявленого винаходу є спосіб описаний в патенті на винахід спосіб забезпечення технічної готовності радіолінії з псевдовипадковою перебудовою частоти (патент РФ №2324287, МПК H04B 1/713, 10.05.2008г. Бюл. №13), дозволяє на передавальному кінці здійснити формування пакетів інформації, до яких додають «адресу» кореспондента і службову інформацію, перебудову несучої частоти передавача, випромінювання радіосигналу на приймальний кінець радіолінії, де здійснюють прийом переданого з передавального кінця радіосигналу одночасно на всіх частотах, після відповідних перетворень подачу інформаційного сигналу на приймач інформації, на приймальному кінці радіолінії одночасно з прийомом радіосигналу контрольні приймачі здійснюють контроль наявності перешкод на частотах, формують керуючу інформацію, на перебудову передавача, що знаходиться на передавальному кінці радіолінії, на частоту, на якій перешкода відсутня,

формують пакети інформації, до яких додають керуючу інформацію, на перебудову передавача, що знаходиться на передавальному кінці радіолінії, перебудовують несучу частоту передавача, що знаходиться на приймальном кінці радіолінії, модулюють несучу частоту передавача, що знаходиться на приймальном кінці, сформованим пакетом інформації, випромінюють отриманий радіосигнал на передавальний кінець радіолінії, де одночасно з випромінюванням радіосигналу приймають переданий з приймального кінця радіосигнал одночасно на всіх частотах, виділяють керуючу інформацію, на перебудову передавача, що знаходиться на передавальному кінці радіолінії, на частоту, із загального набору частот виділеного для даного сеансу зв'язку, на якому перешкода відсутня, при цьому на приймальном кінці радіолінії після прийому сигналу контрольними приймачами здійснюється прогнозування зміни співвідношення сигнал/перешкода на частотах, виділених для даного сеансу зв'язку, аналізують співвідношення сигнал-перешкода і здійснюють перебудову на найближчу частоту, на якій перешкода відсутня, і погіршення співвідношення сигнал/перешкода не прогнозується.

Основним недоліком прототипу є погіршення електромагнітної обстановки при постійній передачі сигналу на декількох частотних позиціях передавачем на передавальному кінці, а також неможливість поліпшення якості зв'язку при виборі частотної позиції з перешкодою.

Аналогом до розробленого пристрою, є пристрій, що використовується при просторово-часовій обробці сигналу в лініях радіозв'язку (Просторово-часова обробка сигналу. Марчук Л.А. ВАС, 1991. с. 125-126), який працює наступним чином. Сигнал з виходу антенних елементів подають на вхід помножувача, на вхід якого також подають певну частоту з синтезатора частоти. В результаті роботи помножувача з сигналу виділяють високочастотну складову і сигнал переносять в робочу область частот. Далі у вузькосмуговому фільтрі виділяють необхідний частотний канал і процесори керування на його основі проводять настройку вектора вагових коефіцієнтів (ВВК). Настроєне значення ВВК записують в блоці запам'ятовування і подають на вхід вихідного помножувача, де перемножують з сигналом. З виходу помножувача сигнал подають на вхід приймача, при цьому за допомогою зворотного зв'язку відбу-

вається підстроювання синтезатора частот через приймальний термінал, а також проводять подальшу настройку ВВК.

Недоліком даного пристрою є висока апаратна надмірність в результаті використання допоміжних процесорів для кожного з каналів адаптації, а також постійні переходи системи на нові частотні позиції без урахування сигнально-перешкодової обстановки на них, внаслідок чого погіршується відношення сигнал/(перешкода+шум).

Найбільш близьким до заявленого пристрою, є пристрій, описаний в (Борисов В.И. и др. «Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты. - М.: Радио и связь, 2000. - С. 244-256). На вхід антенних елементів, відстань між якими складає $D \geq \lambda/2$, де λ - довжина хвилі сигналу, що приймається, надходить сигнал з СЗЧ. Генератор псевдовипадкового коду видає послідовність на вхід синтезатора частот, який формує набір несучих частот, відповідно до псевдовипадкового коду. У кожному каналі приймальної антенної решітки помножувачем проводиться виділення низькочастотної складової сигналу, яка надалі фільтрується в смуговому фільтрі. Низькочастотний сигнал надходить в блок просторово-часової обробки сигналу (ГТЧОС), де в помножувачах відбувається його складання з ВВК, які настроюються в процесорі настройки ВВК для кожного каналу окремо. Адаптовані сигнали надходять на загальний суматор, з якого результуючий сигнал надходить на вхід приймача. Для подальшої настройки ВВК використовують коло зворотного зв'язку, за допомогою якого подають на вхід процесора настройки ВВК результуючий сигнал. Недоліком даного пристрою є неможливість проведення настройки ВВК для наступної частотної позиції, а також те, що пристрій не проводить вимірювання сигнально-перешкодової обстановки на частотній позиції, що використовується в наступний момент часу. Цей факт не дає можливості вибору частотної позиції, із загального набору доступних частот, з найкращою сигнально-перешкодовою обстановкою.

Технічною задачею винаходу є підвищення перешкодостійкості сигналу при переході на нову частотну позицію, а також зменшення часу адаптації системи до СПО, що існує на цій частотній позиції.

Ця задача вирішена наступним чином. У собі просторово-часової обробки сигналу в системах зв'язку із стрибкоподібною зміною частоти, що включає на передавальному кінці формування пакетів інформації шляхом ділення інформаційного сигналу, що надходить від джерела інформації на блоки заданої довжини, до яких додають «адресу» кореспондента і службову інформацію, перебудову несучої частоти передавача, на частоту, відповідну коду поточного такту однієї з двох або більш псевдовипадкових послідовностей, яка для даного такту є робочою, модуляцію несучої частоти передавача, сформованим пакетом інформації і подальше випромінювання отриманого радіосигналу на приймальний кінець радіолінії, на приймальному кінці радіолінії здійснюється прийом пере-

даного з передавального кінця радіосигналу одночасно на всіх частотах, відповідним кодам поточного такту всіх псевдовипадкових послідовностей, перетворення на проміжну частоту, посилення, демодуляцію, декодування прийнятого пакету інформації за записаною в пакеті «адресою», подачу інформаційного сигналу на приймач інформації, на приймальному кінці радіолінії одночасно з прийомом радіосигналу контрольні приймачі здійснюють контроль наявності перешкод на частотах, відповідних кодам подальшого такту всіх псевдовипадкових послідовностей, і у разі наявності перешкоди на контрольованій частоті, відповідний коду подальшого такту робочої псевдовипадкової послідовності передавального кінця, формують керуючу інформацію, на перебудову передавача на передавальному кінці радіолінії, перебудовують частоту передавача на приймальному кінці радіолінії, на несучої частоту, відповідну коду поточного такту однієї з двох або більш псевдовипадкових послідовностей, модулюють несучу частоту передавача на приймальному кінці, сформованим пакетом інформації, випромінюють отриманий радіосигнал на передавальний кінець радіолінії, на передавальному кінці одночасно з випромінюванням радіосигналу приймають переданий з приймального кінця радіосигнал одночасно на всіх частотах, відповідних кодам поточного такту всіх псевдовипадкових послідовностей, перетворюють на проміжну частоту, підсилюють, демодулюють, декодують прийнятий пакет інформації за записаною в пакеті «адресою», виділяють прийняту інформацію на перебудову передавача, що знаходиться на передавальному кінці радіолінії, передають прийняту керуючу інформацію, на передавач передавального кінця радіолінії для його перебудови на частоту, відповідну коду подальшого такту тій з псевдовипадкових послідовностей, на якій перешкода мінімальна, за відсутності перешкоди на контрольованій частоті, відповідний коду подальшого такту робочої псевдовипадкової послідовності передавального кінця або наявності перешкод на всіх контрольованих частотах, на приймальному кінці радіолінії після прийому радіосигналу і контролю наявності перешкод на частотах, відповідних кодам подальшого такту всіх псевдовипадкових послідовностей, і аналіз співвідношення сигнал/перешкода, при цьому частотою, на яку здійснюють перебудову при погіршенні співвідношення сигнал/перешкода на частотах, відповідних кодам подальшого такту всіх псевдовипадкових послідовностей, є найближча частота, на якій перешкода відсутня і погіршення відношення сигнал/перешкода не прогнозується, згідно винаходу, на передавальній і приймальній стороні використовують набір коефіцієнтів на основі яких формують стрибкоподібну зміну частоти, шляхом вимірювання відношення сигнал/перешкода контрольними приймачами на приймальній стороні на всіх частотах виділених для сеансу зв'язку, вибирають частотну позицію з якнайкращим відно-

шенням сигнал/перешкода, передають сигнал на цій частоті, проводять в приймачі просторово-часову обробку сигналу з використанням двох каналів настройки ВВК, проводять повторне вимірювання і перебудову передавача і приймача на іншу частоту, при погіршенні відношення сигнал/перешкода на вході в приймач, або залишають поточну частоту при постійному відношенні сигнал/перешкода.

Технічною задачею винаходу для пристрою є підвищення перешкодостійкості сигналу при переході на нову частотну позицію, усунення часу адаптації системи до поточної СПО при передачі пакета інформації, забезпечення синхронної роботи процесора настройки ВВК при перебудові частоти.

Ця задача вирішена наступним чином. У пристрої для реалізації способу просторово-часової обробки сигналу в системах зв'язку із стрибкоподібною зміною частоти, що складається з антенних елементів, виходи яких сполучені з входами помножувачів, входи яких сполучені з виходом синтезатора частот, вхід синтезатора частот сполучений з виходом генератора псевдовипадкового коду, при цьому виходи антенних елементів сполучені з входами смугових фільтрів, виходи смугових фільтрів сполучені з входами помножувачів, входи яких також сполучені з процесором налаштування ВВК, виходи помножувачів сполучені з входом загального суматора, вихід загального суматора сполучений з приймачем, а також з суматором зворотного зв'язку, на вхід якого підключений вихід опорного сигналу, вихід суматора зворотного зв'язку сполучений з входом процесора налаштування ВВК, згідно з винаходом, додатково введені синхронізатор, лічильник і ключі перемикання, вихід синхронізатора сполучений з входом генератора псевдовипадкового коду, вихід лічильника сполучений з входами ключів перемикання, які мають також по два входи від процесора налаштування ВВК, виходи ключів перемикання сполучені з входами помножувачів.

Заявлений спосіб і пристрій пояснюється кресленнями, на яких показані:

на Фіг. 1 - блок схема алгоритму функціонування способу;

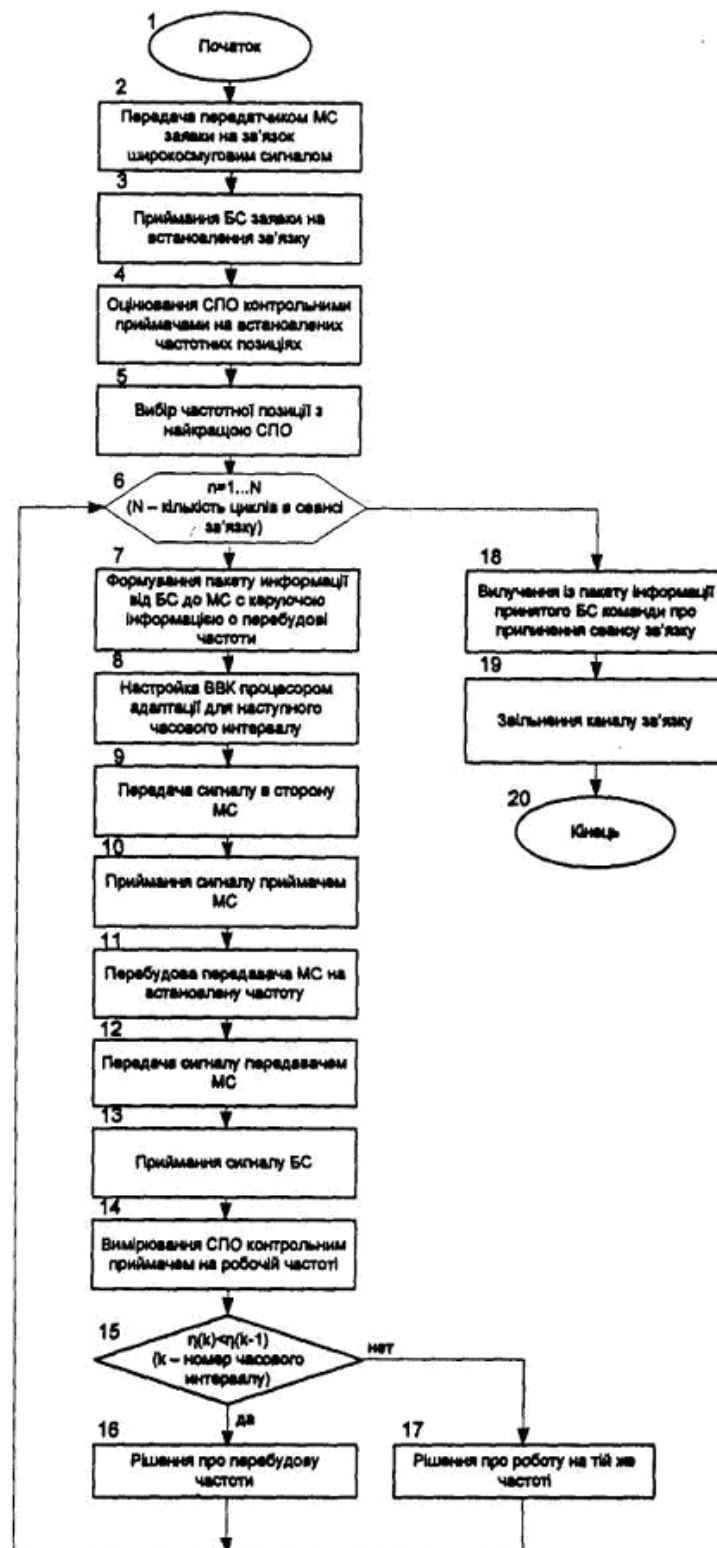
на Фіг. 2 - структурна схема пристрою.

Запропонований пристрій містить: антенні елементи, які зв'язані зі входами помножувачів 1, 2, 3, входи котрих з'єднані з виходом синтезатора частот 4, вихід якого з'єднаний зі входом генератора псевдовипадкового коду 5, смугові фільтри 6, 7, 8, входи яких з'єднані з виходами помножувачів 1, 2, 3, а виходи - зі входами помножувачів 9, 10, 11, виходи яких з'єднані зі входом загального суматора 13, процесор налаштування ВВК 12 виходи якого з'єднані з виходами помножувачів 9, 10, 11, а вхід - зі входом суматора зворотного зв'язку 14, вихід загального суматора 13 з'єднано зі входом суматора зворотного зв'язку 14, на вхід

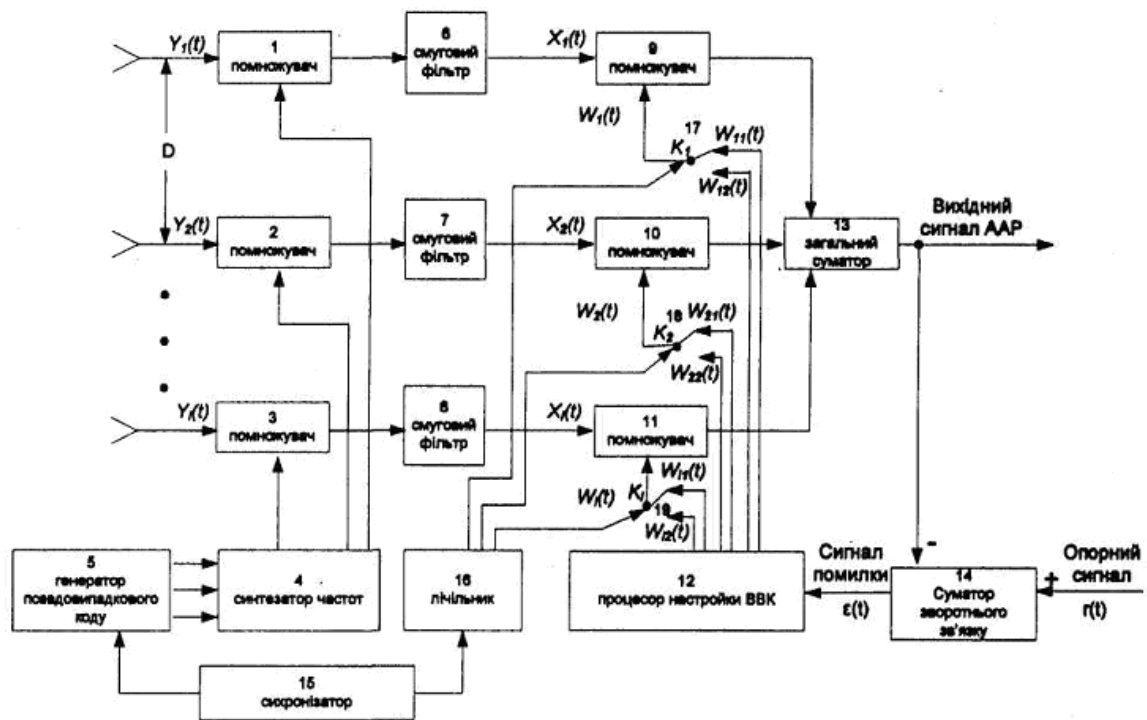
суматора зворотного зв'язку 14 подається опорний сигнал, пристрій також містить синхронізатор 15, який з'єднаний зі входами генератора випадкового коду 5 і лічильника 16, виходи лічильника 16 з'єднані з ключами перемикання 17, 18, 19.

Розглянемо більш докладніше запропонований спосіб і роботу пристрою для його реалізації. На вхід антенних елементів подають суміш корисного сигналу і перешкод на встановленій частоті, за допомогою коду, отриманого з генератора псевдовипадкового коду 5 і поданого на вхід синтезатора частот 4, отримують несучу частоту, яка надходить на вхід помножувачів 1, 2, 3 кожного з каналів ААР, в яких проводять перенесення суміші сигналу і перешкод з високочастотної області в область низьких частот, після чого смуговими фільтрами 6, 7, 8 кожного з каналів прийому вирізають спектр корисного сигналу, разом з перешкодами, які в ньому знаходяться, далі їх подають на вхід помножувачів 9, 10, 11, в яких суміш сигналу і перешкод, що приймається, помножують на значення ВВК розраховане в процесорі налаштування ВВК 12, при цьому значення ВВК подають по одному з двох каналів адаптації, вибір яких проводять за допомогою ключів перемикання 17, 18, 19 відповідно для кожного з каналів прийому, положення ключів перемикання 17, 18, 19 встановлюють лічильником 16, який фіксує зміну несучої частоти, на якій передається корисний сигнал, а синхронізатор 15 забезпечує синхронізацію лічильника 16 і генератора псевдовипадкового коду 5, для того, щоб перемикання лічильника 16 проводилося у момент часу прийому наступної частотної позиції, адаптовані сигнали з виходів помножувачів 9, 10, 11 подають на вхід загального суматора 13, з виходу якого сигнал надходить на приймач, при цьому сигнал також надходить на вхід суматора зворотного зв'язку 14, на вхід якого також подається опорний сигнал, результатом роботи суматора зворотного зв'язку 14 є сигнал помилки, отримуваний шляхом віднімання вихідного сигналу ААР з опорного сигналу, сигнал помилки використовується для настройки наступного значення ВВК в процесорі налаштування ВВК 12, в якому проводять налаштування ВВК і для частотної позиції наступної після поточної і передають по другому каналу адаптації, внаслідок чого у момент часу, коли генератор псевдовипадкового коду 5 видасть наступний код, спрацює лічильник 16, і кожен ключ перемикання буде встановлений в друге значення, по якому передають значення ВВК, вже настроєне для СПО на використовуваний частотній позиції.

Таким чином досягнуто підвищення перешкодостійкості сигналу при переході на нову частотну позицію, усунуто час адаптації системи до поточної СПО при передачі пакета інформації, забезпечена синхронна робота процесора налаштування ВВК при перебудові частоти.



Фіг. 1



Фіг. 2